

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 3614079 A1

51 Int. Cl. 4:
C 30 B 29/40
C 30 B 15/00
H 01 L 21/322

21 Aktenzeichen: P 36 14 079.1
22 Anmeldetag: 25. 4. 86
43 Offenlegungstag: 29. 10. 87

Behördensigntum

DE 3614079 A1

71 Anmelder:

Mitsubishi Monsanto Chemical Co., Ltd.; Mitsubishi
Chemical Industries Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:

Pagenberg, J., Dr.jur., Rechtsanwalt.; Bardehle, H.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anw.; Frohwitter, B., Dipl.-Ing.,
Rechtsanw.; Dost, W., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Altenburg, U., Dipl.-Phys., Pat.-Anw.; Kroher, J., Dr.,
Rechtsanw.; Geißler, B., Dipl.-Phys.Dr.-jur., Pat.- u.
Rechtsanw., 8000 München

72 Erfinder:

Sumino, Koji, Sendai, Miyagi, JP; Yajima, Fumikazu,
Ibaraki, JP; Ibuka, Toshihiko; Orito, Fumio,
Tsuchiura, Ibaraki, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Einkristall einer III/V-Verbindung, insbesondere GaAs und Verfahren zu seiner Herstellung

Ein Einkristall einer III/V-Verbindung enthält $1 \cdot 10^{17}$ bis $8 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ Sauerstoff und hat eine geringe und in zur Ziehrichtung senkrechter Richtung einheitliche Versetzungsdichte. Ein LEC-Verfahren zur Kristallzüchtung eines GaAs-Einkristalls sieht die Zugabe von Oxid bei einer Sauerstoffkonzentration von $1 \cdot 10^{17}$ bis $2 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ vor.

DE 3614079 A1

Patentansprüche

1. Einkristall einer Verbindung der IIIb-Vb-Gruppe (III/V-Verbindung) von geringer Versetzungsdichte, gekennzeichnet durch einen Gehalt an Sauerstoff von 1×10^{17} bis $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.
2. Einkristall nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er aus Galliumarsenid besteht.
3. Galliumarsenid-Einkristall nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Gehalt an Indium von 1×10^{18} bis $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$.
4. Einkristall nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Einkristall durch Kristallzüchtung aus einer Schmelze der III/V-Verbindung hergestellt wird, die von 1×10^{18} bis $2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ Sauerstoffatome enthält.
5. Einkristall nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Einkristall mit dem Schutzschmelzverfahren (LEC-Verfahren) nach Czochralsky gezüchtet wird.
6. Verfahren zur Herstellung eines Einkristalls einer III/V-Verbindung aus einer Schmelze der III/V-Verbindung mit Hilfe des Schutzschmelzverfahrens nach Czochralsky, gekennzeichnet durch die Zugabe mindestens eines, aus den Oxiden der Gruppe IIIb und den Oxiden der Gruppe Vb ausgewählten Oxides zur Schmelze, in einer Menge von 1×10^{17} bis 2×10^{21} Sauerstoffatomen des Oxides (der Oxide) pro cm^3 der Schmelze.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die III/V-Verbindung GaAs ist und daß die Oxide aus Galliumoxid und Arsentrioxid ausgewählt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Galliumoxid und Arsentrioxid in äquimolaren Mengen zugegeben werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Indiumoxid zur Schmelze zugegeben wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Einkristall einer Verbindung der IIIb-Vb-Gruppe (nachfolgend als "III/V-Einkristall" bezeichnet), insbesondere einen Galliumarsenid (GaAs)-Einkristall mit geringer Versetzungsdichte und ein Herstellungsverfahren dafür, insbesondere ein Schutzschmelzverfahren nach Czochralsky (nachfolgend als "LEC-Verfahren" bezeichnet).

Der GaAs-Einkristall hat eine hohe Elektronenbeweglichkeit und wird deswegen weit verbreitet für Bauelemente im UHF- oder SHF-Bereich, für Hochgeschwindigkeitsschaltkreise und als Substrat von integrierten Schaltkreisen (ICs) verwendet (Hideki Hasegawa, "Information Processing" 25 (1), S. 37—46 (1984)).

Wenn ein III/V-Einkristall wie z. B. GaAs für die oben bezeichneten elektronischen Bauelemente und als IC-Substrat verwendet wird, verlangt man von ihm als Eigenschaften eine hohe Reinheit, eine hohe Ordnung im Kristall und einheitliche elektrische Eigenschaften. Für das IC-Substrat ist eine Halbleitereigenschaft erforderlich.

Versetzungen, die die Ordnung im Kristall vermindern, verursachen Fehlfunktionen in ICs. Um damit den III/V-Einkristall als Substrat für hochintegrierte Schaltkreise und für FETs mit hoher Ausgangsleistung und großer Chipfläche zu verwenden, wird zunächst ein III/V-Einkristall mit geringer Versetzungsdichte hergestellt

und dann in Wafer geschnitten. Das LEC-Verfahren wird für die Herstellung eines GaAs-Einkristalls zum Einsatz als Substrat eines ICs o. ä. verwendet, weil das so hergestellte GaAs einen großen Durchmesser und einen hohen Reinheitsgrad hat, der benötigt wird, um die Aktivierungsrate von in ein GaAs-Substrat implantierten Ionen zu erhöhen (Bulletin of the Japan Institute of Metals, Vol. 23 (1984), Nr. 7, S. 586 bis 592).

Beim LEC-Verfahren bedeckt die B_2O_3 -Schmelze, die eine Umkapselung darstellt, die Oberfläche der Schmelze der Verbindung aus der IIIb-Vb-Gruppe (nachfolgend als III/V-Verbindung bezeichnet). Der Temperaturgradient über der Schicht der B_2O_3 -Schmelze kann bis zu 100°C/cm betragen und wird deshalb als hoch angesehen im Vergleich zu dem Züchtungsverfahren mit horizontalen Booten. Der GaAs-Einkristall, der aus der GaAs-Schmelze gezogen wird, erfährt beim Durchgang durch die Schicht der B_2O_3 -Schmelze eine große thermische Belastung. Diese thermische Belastung ist eine Ursache für die Entstehung einer Anzahl von Versetzungen in dem III/V Einkristall. Die Versetzungsdichte ausgedrückt als Ätzgruppendichte (etch pit density, EPD) des mit dem LEC-Verfahren hergestellten GaAs-Einkristalls reicht im allgemeinen von etwa 10^4 bis 10^5 cm^{-2} . Die Versetzungsverteilung eines mit dem LEC-Verfahren hergestellten GaAs-Einkristalls in einer zur Ziehrichtung senkrechten Ebene ist am höchsten entlang der Peripherie und hat im Zentrum des III/V-Einkristalls ihren nächsthöchsten Wert. Die Versetzungsdichte kann deshalb als von W-förmiger Gestalt gesehen werden, wobei ein Bereich mit geringer Versetzungsdichte um das Zentrum herum gebildet und von den äußeren Bereichen der höchsten Versetzungsdichte umschlossen wird.

B. Jacob beschreibt in "Semi-Insulating III-V-Materials" S. Makram-Ebid et al, Hrsg., S. 2 bis 18 (1984), Shiva Publishing Ltd. ein Verfahren zur Herabsetzung der Versetzungen durch Zugabe von Indium, das eine elektrisch neutrale Verunreinigung darstellt, zum GaAs. Nach dieser Methode wird ein GaAs-Einkristall aus der Schmelze gezogen, zu der metallisches Indium in Höhe von 10^{18} bis 10^{20} cm^{-3} gegeben wurde, und die Versetzungsdichte wird durch diese In-Zugabe beachtlich vermindert.

Die Erfinder der vorliegenden Erfindung untersuchten die Versetzungsdichte von mit dem LEC-Verfahren hergestellten III/V-Einkristallen und fanden, daß im EPD-Wert von (100) eine beachtliche Verminderung auftrat. Trotzdem wurden in verschiedenen GaAs-Einkristallen Ätzgruppen gefunden, die linear in $\langle 110 \rangle$ -Richtung um die Peripherie angeordnet waren und der EPD-Wert überstieg gelegentlich $1 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ im Bereich der Ätzgruppen.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen III/V-Einkristall zur Verfügung zu stellen, der frei von örtlich hohen EPD-Werten ist und somit über den ganzen Kristall einen niedrigen EPD-Wert hat.

Es ist eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein LEC-Verfahren zum Züchten einer III/V-Verbindung zu verbessern und dadurch örtlich hohe EPD-Werte in einer Ebene senkrecht zur Ziehrichtung zu verhindern.

III/V-Einkristall

Der erfindungsgemäße III/V-Einkristall ist dadurch gekennzeichnet, daß er von 1×10^{17} bis $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ Sauerstoff enthält.

Wenn die Sauerstoffkonzentration des III/V-Einkristalls kleiner als $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ist, wird die Anzahl linearer Ätzgruppen beachtlich und somit kann das Phänomen eines örtlich hohen EPD-Wertes nicht verhindert werden. Wenn andererseits die Sauerstoffkonzentration $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ übersteigt, werden die kristallinen Eigenschaften verschlechtert. Die Verbindungen der IIIb-Vb-Gruppe (III/V-Verbindungen) sind GaAs, InAs und InP.

Die In-Konzentration des III/V-Einkristalls beträgt bevorzugt von $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ bis $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$. Bei einer In-Konzentration unterhalb von $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ neigt der EPD-Wert zur Zunahme. Wenn andererseits die In-Konzentration des GaAs-Einkristalls $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ übersteigt, neigt der III/V-Einkristall zum Verspröden und es tritt eine Neigung zu nachteiliger Fällung von In o. ä. auf. Eine besonders bevorzugte In-Konzentration beträgt von 2×10^{19} bis $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$.

Sauerstoff und Indium enthaltender GaAs-Einkristall

Dieser GaAs-Einkristall kann durch Züchten von GaAs aus einer GaAs-Schmelze hergestellt werden, zu der von 1×10^{19} bis $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ In und von 1×10^{18} bis $2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ Sauerstoff zugesetzt wurde. Die zugesetzten Konzentrationen von In- und Sauerstoff betragen bevorzugt von 2×10^{20} bis $5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ bzw. von 1×10^{18} bis $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Die Zugabekonzentration bedeutet dabei die Anzahl von In- oder Sauerstoff-Atomen, die zu 1 cm^3 der Schmelze gegeben wird. Wenn die Zugabekonzentrationen außerhalb der oben angegebenen Bereiche liegen, kann die bevorzugte Konzentration an In und erforderlichem Sauerstoff in dem GaAs-Einkristall nicht gewährleistet werden.

Die Zugabe von Indium und Sauerstoff zur GaAs-Schmelze wird bevorzugt unter Verwendung von Indiumoxid (In_2O_3) durchgeführt. In diesem Falle wird Indiumoxid zugegeben, um eine In-Konzentration von 1×10^{19} bis $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ in der GaAs-Schmelze zu erhalten. Alternativ kann man In und Sauerstoff getrennt zugeben. In diesem Falle werden In in metallischer Form und Sauerstoff in der Form von As(III)-Oxid (As_2O_3) und Galliumoxid (Ga_2O_3) zur Schmelze gegeben, um die erforderlichen Konzentrationen in der Schmelze zu erhalten.

Zum Züchten des GaAs-Einkristalls aus der Schmelze, zu der In und Sauerstoff zugegeben werden, wird als Kristallzüchtungsverfahren bevorzugt das LEC-Verfahren verwendet, wobei eine Umkapselung wie z. B. B_2O_3 o. ä. verwendet wird, weil so eine hohe Sauerstoffkonzentration in der Schmelze erhalten werden kann, die Kontaminierung der Schmelze durch einen Schmelztiegel und eine Umkapselung gering sind, und die Produktivität hoch ist. Dieses Kristallzüchtungsverfahren könnte in einem Bootzüchtungsverfahren, wie z. B. einem Gradientenabkühlverfahren oder einem horizontalen Bridgman-Verfahren, angewendet werden.

Während des Kristallwachstums kann man Verunreinigungen wie z. B. Si, S, Cr. o. ä., die die elektrischen Eigenschaften bestimmen, zur Schmelze hinzugeben oder nicht. Der undotierte, halbleitende GaAs-Einkristall, der überhaupt keine Verunreinigungen enthält, ist als Substrat für UHF- oder SHF-Bauelemente und ICs geeignet.

Die Richtung des Kristallwachstums ist bevorzugt die $\langle 100 \rangle$ -Richtung, weil dadurch ein rundes Substrat erhalten wird. Jedoch kann die Richtung des Kristallwachstums auch $\langle 111 \rangle$ sein.

LEC-Verfahren zum Züchten von Einkristallen von III/V-Verbindungen

Das LEC-Verfahren zum Züchten eines erfindungsgemäßen III/V-Einkristalls unter Verwendung einer Umkapselung ist gekennzeichnet durch die Zugabe von mindestens einem Oxid des Elements der Gruppe IIIb und des Elements der Gruppe Vb zur Schmelze der III/V-Verbindung bei einer Sauerstoffkonzentration des zumindest einen Oxides zwischen 1×10^{18} bis 2×10^{21} , bevorzugt von 1×10^{19} bis 1×10^{21} pro cm^3 der Schmelze der III/V-Verbindung.

Wenn die III/V-Verbindung GaAs ist, ist das Oxid des IIIb-Elementes bevorzugt Galliumoxid (Ga_2O_3) und das Oxid des Vb-Elementes ist bevorzugt Arsentrioxid (diarsenic trioxide).

Im Falle von GaP als III/V-Verbindung ist das Oxid bevorzugt Ga_2O_3 , im Falle von InP als III/V-Verbindung ist das Oxid bevorzugt In_2O_3 und im Falle von InAs als III/V-Verbindung ist das Oxid des IIIb-Elementes bevorzugt In_2O_3 und das Oxid des Vb-Elementes bevorzugt As_2O_3 .

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine besondere Vorrichtung zur LEC-Kristallzüchtung nicht erforderlich, und es kann eine übliche solche Vorrichtung verwendet werden. Ein bevorzugter Schmelztiegel ist aus PBN (pyrolitischem Bornitrit) hergestellt oder mit PBN ausgekleidet, weil die Kontaminierung der Schmelze durch den Schmelztiegel gering ist. Graphit wird weniger bevorzugt, kann jedoch als Material für einen Schmelztiegel oder Behälter verwendet werden.

Die Beheizung wird üblicherweise mit Hilfe einer Graphit-Widerstandsheizung von zylindrischer oder weinglasartiger Gestalt durchgeführt. Der Temperaturgradient in der Vorrichtung zur LEC-Kristallzüchtung kann, wenn erforderlich, dadurch eingestellt werden, daß man einen aus Graphit hergestellten Hitzeschild oder eine zylindrische Heizung über dem Schmelztiegel oder Behälter anbringt. Während des Kristallwachstums ist das Innere der Vorrichtung zur LEC-Kristallzüchtung unter Verwendung eines Inertgases wie z. B. Argon oder Stickstoff mit einem Druck von üblicherweise 10 bis 60 kg/cm^2 (Manometerdruck) beaufschlagt. Als flüssiges Abdichtmittel wird gewöhnlicherweise hochreines und gründlich getrocknetes Boroxid (B_2O_3) verwendet.

Zu Beginn der Züchtung eines III/V-Einkristalls wird ein Schmelztiegel o. ä. mit einer vorbestimmten Menge von B_2O_3 und mit einer polykristallinen III/V-Verbindung beschickt. Es kann jedoch anstatt mit der III/V-Verbindung auch mit einem metallischen IIIb-Element und elementarem Vb in einer Menge beschickt werden, die geringfügig größer ist als die stöchiometrische Menge. In diesem Falle erfolgt die Bildung der Schmelze der III/V-Verbindung während des Heizens und der Temperaturerhöhung des Schmelztiegels o. ä.

Anschließend beschickt man den Schmelztiegel o. ä. mit zumindest einem der Oxide der Elemente der Gruppe IIIb, z. B. Galliumoxid (Ga_2O_3) und dem Oxid des Elementes der Gruppe Vb, z. B. Arsentrioxid (As_2O_3). Die Zugabemenge von Ga_2O_3 und/oder As_2O_3 entspricht nicht dem analytischen, sondern dem berechneten Wert, d. h. sie ist so, daß sich die Anzahl der zugegebenen Sauerstoffatome von Ga_2O_3 und/oder As_2O_3 auf eine Konzentration von 1×10^{18} bis 2×10^{21} , bevorzugt von 3×10^{19} bis $3,5 \times 10^{20}$ pro cm^3 der Schmelze beläuft.

Wenn die Sauerstoffkonzentration kleiner ist als $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, ist eine Verminderung der Versetzungsdichte des erhaltenen III/V-Einkristalls schwierig. Wenn andererseits die Sauerstoffkonzentration $2 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ übersteigt, ist ein III/V-Einkristall schwierig zu erhalten und selbst wenn ein III/V-Einkristall erhalten wird, nehmen Kristalldefekte wie z. B. Versetzungen nachteilhaft zu.

Ga_2O_3 und As_2O_3 können alleine oder zusammen in einem gewünschten Verhältnis zueinander zugegeben werden. Ein äquimolares Verhältnis von Ga_2O_3 und As_2O_3 wird bevorzugt, weil dies die Bildung von Leerstellen unterdrückt.

Die Bedingungen zur LEC-Kristallzüchtung sind — außer den oben beschriebenen — die gleichen wie üblicherweise verwendet.

Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte III/ V-Einkristall hat eine kleinere Versetzungsdichte — im Sinne des EPD-Wertes — als die mit herkömmlichen Verfahren erhaltene und erreicht einen EPD-Wert von 5000 cm^{-2} oder weniger. In dem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten III/ V-Einkristall ist die Versetzungsverteilung in einer zur Ziehrichtung senkrechten Ebene einheitlich.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Beispiele und Vergleichsbeispiele weiter erläutert.

In den Beispielen und den Vergleichsbeispielen wurde ein von Cambridge Instruments Co.Ltd. Großbritannien hergestelltes LEC-Kristallziehgerät vom Typ "MSR-6" verwendet.

Der EPD-Wert wurde durch Eintauchen von Testproben in geschmolzenes Kaliumhydroxid bei 350°C für 20 Minuten und dann durch Auszählen der Ätzgruppen unter einem Mikroskop gemessen.

Die Sauerstoffkonzentration der Wafer wurde unter Verwendung eines von Thomson CFS Co.Ltd. Frankreich hergestellten Sekundärionenmassenspektrometers vom Typ "CAMECA 3F" gemessen.

Die In-Konzentration der Wafer wurde mit einem von "Perkinson-Elmer" Co. Ltd. USA, hergestellten Atomabsorptionsanalysator vom Typ "AAS-4000" gemessen.

Beispiel 1

500 g Ga, 550 g As, 4,5 g In_2O_3 (entsprechen der In-Zugabekonzentration von $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ und der Sauerstoff-Zugabekonzentration von $1,5 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$) und 150 g B_2O_3 waren in einem aus PBN (pyrolitischem Borinitrit) hergestellten Schmelztiegel mit einem inneren Durchmesser von 100 mm enthalten. Das Innere des LEC-Kristallziehgerätes wurde mit 65 kg/cm^2 (Manometerdruck) druckbeaufschlagt und der Schmelztiegel zur Bildung der GaAs-Schmelze auf 1400°C aufgeheizt. Die Temperatur des Schmelztiegels wurde dann auf 1350°C abgesenkt. Während der Schmelztiegel und ein Impfkristall in Umdrehungen versetzt wurden, wurde der Impfkristall in Kontakt mit der GaAs-Schmelze gebracht und dann aufwärts gezogen, um das Wachstum eines GaAs-Einkristalls in $\langle 100 \rangle$ -Richtung zu erreichen. Der erhaltene GaAs-Einkristall hatte ein Gewicht von 650 g und einen Durchmesser von 50 mm. Ein (100)-Wafer wurde aus dem oberen Teil des geraden Teiles des Einkristallkörpers herausgeschnitten und der Messung des EPD-Wertes unterworfen. Der EPD-Wert des Wafers — mit Ausnahme eines 6 mm breiten äußeren Teiles an der Peripherie — betrug im Mittel

900 cm^{-2} und maximal 1100 cm^{-2} . Linear angeordnete Ätzgruppen wurden nicht gefunden.

Die In-Konzentration des Wafers betrug $9,5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und die Sauerstoffkonzentration des Wafers betrug $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.

Beispiel 2

Die Arbeitsweise von Beispiel 1 wurde zur Herstellung des GaAs-Einkristalls wiederholt, wobei jedoch anstelle des im Falle von Beispiel 1 zugegebenen In_2O_3 , 1,89 g metallisches In und 3,2 g As_2O_3 zugegeben wurden (die In-Zugabekonzentration betrug 5×10^{19} und die Sauerstoff-Zugabekonzentration betrug $1,5 \times 10^{20}$ relativ zu cm^3 der GaAs-Schmelze).

Ein (100)-Wafer wurde aus dem oberen Teil des geraden Teiles des Einkristallkörpers herausgeschnitten und der Messung des EPD-Wertes unterworfen. Der EPD-Wert des Wafers — mit Ausnahme eines 6 mm breiten äußeren Teiles an der Peripherie — betrug im Mittel 1200 cm^{-2} und maximal 1500 cm^{-2} . Linear angeordnete Ätzgruppen wurden nicht gefunden.

Die In-Konzentration des Wafers betrug $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und die Sauerstoffkonzentration des Wafers betrug $6 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.

Vergleichsbeispiel 1

Die Arbeitsweise von Beispiel 1 wurde zur Herstellung eines GaAs-Einkristalls wiederholt, wobei jedoch anstelle des im Falle von Beispiel 1 zugegebenen In_2O_3 , 3,7 g metallisches In zugegeben wurden (die In-Zugabekonzentration betrug $9,95 \times 10^{19}$ relativ zu cm^3 der GaAs-Schmelze).

Ein (100)-Wafer wurde aus dem oberen Teil des geraden Teils des Einkristallkörpers herausgeschnitten und der Messung des EPD-Wertes unterworfen. Der EPD-Wert des Wafers — mit Ausnahme eines 6 mm breiten äußeren Teiles an der Peripherie — betrug im Mittel 1000 cm^{-2} und maximal 5000 cm^{-2} . Linear angeordnete Ätzgruppen wurden an Teilen des Wafers gefunden, wo der EPD-Wert des Wafers größer als 1000 cm^{-2} war.

Die In-Konzentration des Wafers war $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ und die Sauerstoffkonzentration des Wafers war $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$.

Beispiel 3

1500 g Ga, 1631,6 g As, 1,5 g Ga_2O_3 , 1,58 g As_2O_3 und 600 g B_2O_3 waren in einem aus PBN hergestellten Schmelztiegel mit einem Durchmesser von 150 mm enthalten. Das Innere der LEC-Züchtungsvorrichtung wurde auf 65 kg/cm^2 (Manometerdruck) druckbeaufschlagt und der Schmelztiegel zur Bildung der GaAs-Schmelze auf 1400°C aufgeheizt. Der Druck wurde dann auf 20 kg/cm^2 vermindert. Während der Schmelztiegel und der Impfkristall mit 10 Umdrehungen pro Minute entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn bzw. mit 8 Umdrehungen pro Minute im Uhrzeigersinn gedreht wurden, wurde der Impfkristall mit der GaAs-Schmelze in Kontakt gebracht und dann mit einer Geschwindigkeit von 7 mm/h aufwärts gezogen, um das Wachstum eines GaAs-Einkristalls in $\langle 100 \rangle$ -Richtung zu erreichen. Der erhaltene GaAs-Einkristall hatte ein Gewicht von 2000 g und einen Durchmesser von 80 mm.

Ein {100}-Wafer wurde aus dem oberen Ende des geraden Teiles des Einkristallkörpers herausgeschnitten, wo der verfestigte Anteil 0,10 war. Der verfestigte An-

teil bedeutet ein Gewichtsverhältnis des Teiles des Kristallblocks an der dem Impfkristall benachbarten Seite und oberhalb des Wafers, im Vergleich zum gesamten Kristallblock. Der Wafer wurde einer Messung des EPD-Wertes und des Widerstandes unterworfen. Der EPD-Wert war unter Einschluß des am Umfang gelegenen Teiles einheitlich und betrug 1500 cm^{-2} . Es wurden im gesamten Wafer weder Linearfehler (linage) noch Fehler durch Ausfällungen gefunden. Der Widerstand zeigte eine Tendenz zur Zunahme an den äußeren, am Umfang gelegenen Teilen des Wafers, war jedoch im Hauptteil des Wafers überall $1 \times 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ oder höher.

Es wurde ein anderer {100}-Wafer aus dem geraden Teil des Einkristallkörpers, wo der verfestigte Anteil 0,61 betrug, herausgeschnitten und einer Messung des EPD-Wertes unterworfen. Der EPD-Wert war geringfügig hoch, jedoch betrug das Mittel des EPD-Wertes über acht Punkte über den Durchmesser des Wafers 2400 cm^{-2} und der höchste EPD-Wert war 2850 cm^{-2} .

Vergleichsbeispiel 2

Das Kristallzüchtungsverfahren von Beispiel 3 wurde wiederholt, wobei jedoch kein Ga_2O_3 und kein As_2O_3 zugegeben wurden.

Ein Wafer wurde aus dem oberen geraden Teil des Kristallkörpers, wo der verfestigte Anteil 0,12 betrug, herausgeschnitten und der Messung des EPD-Wertes unterworfen. Das Mittel des EPD-Wertes über neun Punkte über den Durchmesser des Wafers betrug 10500 cm^{-2} und die minimalen bzw. maximalen EPD-Werte betrugen 6000 cm^{-2} bzw. 2500 cm^{-2} .

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -